

УДК 617-089.844

DOI 10.17802/2306-1278-2018-7-4S-108-117

ТОТАЛЬНАЯ АРТЕРИАЛЬНАЯ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИЯ МИОКАРДА

А.В. Фролов ✉

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Сосновый бульвар, 6, Кемерово, Кемеровская область, Россия, 650002

Основные положения

- Учитывая имеющиеся тенденции и практический опыт, выбор венозного или артериального кондуитов остаётся актуальным вопросом, требующим персонифицированного подхода в каждом конкретном случае.
- Современное представление о методах тотальной артериальной реваскуляризации миокарда позволяет взвешенно выбирать то или иное хирургическое лечение ИБС.

Резюме

В обзорной статье изложено современное представление о тотальной артериальной реваскуляризации миокарда, приведены основные исследования в этой области и современные рекомендации, а также описаны наиболее часто используемые технические варианты, которые позволяют судить о высокой эффективности данной процедуры. Вместе с тем, в медицинском сообществе сохраняется определённая доля недоверия в отношении проведения коронарного шунтирования с использованием только артериальных кондуитов, и даже в обоснованных случаях, когда выбор очевиден, процент проведения указанных операций невелик. Это связано как с технически более трудоёмкими манипуляциями, так и с определёнными факторами риска, способствующими более сдержанному подходу в широком использовании тотальной артериальной реваскуляризации миокарда.

Ключевые слова Артериальные кондуиты • Реваскуляризация • Результаты

Поступила в редакцию: 11.07.18; поступила после доработки: 15.08.18; принята к печати: 05.09.18

TOTAL ARTERIAL MYOCARDIAL REVASCULARIZATION

A.V. Frolov ✉

Federal State Budgetary Institution «Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases», 6, Sosnovy Blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002

Highlights

- Current trends and clinical experience states that the choice of venous or arterial conduit remains a challenge requiring a personalized approach in each case.
- The current concept of total arterial myocardial revascularization ensures an optimal choice of the surgical strategy for treating coronary artery disease.

Abstract

The review presents the current concept of total arterial myocardial revascularization, main studies focusing on it, recent guidelines and commonly used techniques, which let speak about high efficacy this kind procedure. However, in medical society there is a certain part of disbelief with respect to performance of coronary artery bypass grafting using only arterial conduits, and even in justifiable cases when the choice is obvious, the percentage of mentioned operations is still low. It can be explained by both technically much more difficult manipulations and particular risk factors, which contribute discreet approach in the wide use of total arterial myocardial revascularization.

Keywords Arterial conduits • Revascularization • Results

Received: 11.07.18; received in revised form: 15.08.18; accepted: 05.09.18

Для корреспонденции: Фролов Алексей Витальевич, e-mail: [kjerne@yandex.ru](mailto:kjerne@yandex.ru), тел. +7 (3842) 64-05-69; адрес: 650002, Россия, Кемерово, Сосновый бульвар, 6  
Corresponding author: Frolov Alexey V., e-mail: [kjerne@yandex.ru](mailto:kjerne@yandex.ru), tel. +7 (3842) 64-05-69; address: Russian Federation, 650002, Kemerovo, 6, Sosnovy Blvd.

## Список сокращений

КШ	– коронарное шунтирование	СА	– селезёночная артерия
ТАР	– тотальная артериальная ревазуляризация	ПА	– подлопаточная артерия
ВГА	– внутренняя грудная артерия	НБА	– нижняя брыжеечная артерия
ЛВГА	– левая внутренняя грудная артерия	ЛоА	– локтевая артерия
ПВГА	– правая внутренняя грудная артерия	МА	– межрёберная артерия
ЛуА	– лучевая артерия	БОБКА	– боковая, огибающая бедренную кость, артерия
ПЖСА	– правая желудочно-сальниковая артерия	БПВ	– большая подкожная вена
ННА	– нижняя надчревная артерия	БиМКШ	– бимаммарное коронарное шунтирование

## Введение

Коронарное шунтирование (КШ) является одной из самых часто проводимых операций среди всех кардиохирургических процедур, а интерес к оптимальному использованию кондуитов до сих пор остаётся предметом научных и практических споров [1]. Кроме этого, активное развитие чрескожных технологий предопределяет широкий выбор ревазуляризации миокарда, а значит, порождает ещё большее количество неразрешённых вопросов [2]. Вместе с тем, если говорить о проблеме ревазуляризации в более узком смысле, то есть в рамках КШ, то вопросы выбора оптимального кондуита и методов самого шунтирования являются краеугольными.

В настоящее время как для практикующих хирургов, так и для ученых-морфологов, генетиков и биохимиков большой интерес представляет так называемая тотальная артериальная ревазуляризация (ТАР), когда КШ проводится с использованием исключительно артериальных кондуитов, как при поддержке искусственного кровообращения, так и в условиях работающего сердца. Такой интерес возник не на пустом месте, а связан напрямую с результатами ряда исследований, показавших преимущества применения технологии ТАР в сравнении с традиционным подходом, и в последнее время такой интерес только возрастает, медленно превращаясь в современный тренд коронарной хирургии [1, 3–6]. Кроме этого, важной особенностью некоторых вариантов выполнения ТАР является тот факт, что в ходе процедуры аорта остаётся интактной и не задействована в манипуляциях для наложения проксимальных анастомозов (“no-touch technique”, “an aortic technique”). Последнее существенно снижает вероятность периоперационного инсульта, приближаясь к чрескожным коронарным вмешательствам, и, следовательно, представляет особый практический интерес в лечении ишемической болезни сердца (ИБС) [7, 8].

Сегодня известно, что в качестве артериальных кондуитов для проведения ТАР могут быть использованы такие сосуды, как левая и правая внутренние грудные артерии (ЛВГА/ПВГА), лучевая арте-

рия (ЛуА), правая желудочно-сальниковая артерия (ПЖСА), нижняя надчревная артерия (ННА) и даже такие редкие варианты, как селезёночная артерия (СА), подлопаточная артерия (ПА), нижняя брыжеечная артерия (НБА), локтевая артерия (ЛоА), межрёберная артерия (МА) и боковая, огибающая бедренную кость артерия (БОБКА). В связи с таким многообразием была разработана и предложена функциональная классификация кондуитов в зависимости от их анатомической принадлежности и склонности к спазму, которая включила три типа: тип I – соматические артерии, которые менее всего склонны к спазму (ЛВГА/ПВГА, ННА, ПА, МА), тип II – артерии внутренних органов, склонные к спазму (ПЖСА, СА, НБА), тип III – артерии конечностей, также склонные к спазму (ЛуА, ЛоА, БОБКА) [9]. Большое количество вариантов использования артериальных трансплантатов, в свою очередь, стало также причиной многих противоречий и споров о том, какой же кондуит и в какой позиции будет наилучшим. Тем не менее, среди наиболее часто используемых артерий лидирующую позицию занимают ЛВГА/ПВГА, ЛуА, ПЖСА и несколько реже ЛоА, ННА и СА соответственно [6, 9, 10].

Несмотря на указанное многообразие кондуитов, возможность различных технических комбинаций в процессе операции КШ, общепринятые рекомендации, а также существующую относительно большую доказательную базу, общий процент выполняемой ТАР остаётся по-прежнему низким и составляет, по разным данным, от 4 до 10% [4, 10, 11], а согласно анализам, проведённым на основе исследования SYNTAX ограничено 15–25% от общего объёма проводимых операций КШ [12]. В России множественное аутоартериальное шунтирование также не отличается высоким показателем и составляет менее чем 10% [13]. Вероятно, это связано как с недостаточным количеством проведённых исследований, так и с техническими особенностями самой процедуры ТАР, для выполнения которой требуется более высокий хирургический навык, принятие во внимание особенности ведения таких больных в периоперационном периоде и с нежеланием специалистов выйти из «зоны комфорта».

В целом среди возможных объективных причин, лимитирующих применение ТАР миокарда, можно указать следующие: ожирение, сахарный диабет (СД), хроническая обструктивная болезнь лёгких, вероятные инфекционные осложнения со стороны грудины, техническая сложность процедуры, удлинение времени оперативного вмешательства, психологическая мотивация хирурга, а также непосредственно ожидание результатов крупных исследований, посвящённых артериальному КШ [3, 12]. С другой стороны, некоторые исследователи, в частности, David Taggart, говорят о наметившейся тенденции в улучшении результатов КШ с использованием венозных кондуитов, благодаря как рациональному использованию различных лекарственных средств (статинов и бета-блокаторов), так и применению особых устройств, типа внешнего стента, препятствующих гиперплазии интимы, а также выделение вены в лоскуте [14, 15].

### Современное отношение к ТАР миокарда и выбору кондуита

В настоящее время можно говорить о двух полярных позициях, которые занимают практикующие хирурги и специалисты научных кругов в отношении ТАР. Первые из них поддерживают идею о выполнении шунтирующей процедуры с использованием как минимум второго кондуита в виде артерии, вторые склоняются в пользу стандартного КШ: ЛВГА + большая подкожная вена (БПВ). И те и другие приводят свои аргументы за и против, вместе с тем, недоверие к артериальному подходу всё-таки преобладает, хотя некоторые научные данные говорят об обратном.

К сожалению, практически не существует крупных рандомизированных исследований, посвящённых ТАР в сравнении с традиционным подходом [11], однако – одно из немногих – исследование ART (Arterial Revascularization Trial) демонстрирует обнадеживающие результаты [16]. В своём *post hoc*-анализе в 2017 году Taggart et al. показали, что добавление ЛуА по сравнению с БПВ к ЛВГА и ПВГА в ходе проведения ТАР ассоциировано с меньшим количеством неблагоприятных сердечно-сосудистых событий в сроки до 5 лет. В следующем, существенно меньшем по объёму, включившем свыше 900 пациентов, итальянском исследовании Bisleri et al. убедительно показали, что в отдалённые сроки – 10 и более лет – после проведённого КШ результаты в группе ТАР превосходят результаты традиционного подхода с использованием БПВ [17]. Пациенты группы ТАР имели также большую выживаемость и меньший процент сердечно-сосудистых событий. А в работе Tatoulis et al. приводятся данные, что даже в случае СД у пациентов, подвергающихся КШ, последние имеют лучшие отдалённые результаты в случае ТАР, но с учётом равной периоперационной смертности с группой сравнения [18]. С другой стороны, исходя

из последнего анализа крупного шведского регистра, проведённого Janies et al. в 2017 году, очевидно, что использование артерии в качестве второго кондуита после ЛВГА сопоставимо с отдалёнными результатами в группе БПВ и ЛВГА и преимуществ не имеет. Вместе с тем, эти же авторы отметили, что в случае бимаммарного КШ ЛуА предпочтительна по сравнению с БПВ [19]. В России такие исследования также немногочисленны, хотя изучение артериальных кондуитов, полной или тотальной аутоартериальной реваскуляризации миокарда ведётся достаточно давно и согласуется с зарубежными данными. Так, в одном из последних небольших исследований, включившем 242 пациента и посвященном сравнению функционирования различных артериальных и венозных кондуитов на основе коронарошунтографии, Вечерский Ю.Ю. и соавт. доказали, что использование артерий в качестве шунтов оправдано, так как последние, по сравнению с венами, имеют лучший прогноз [20]. Другое исследование, проведённое под руководством Жбанова И.В. в Российском научном центре хирургии имени академика Б.В. Петровского, включившее 98 больных с бимаммарным КШ, показало, что использование обеих внутренних грудных артерий (ВГА) не увеличивает риска хирургического вмешательства в группе с СД [21].

Общепризнано, что выбор графта для проведения КШ – это один из важнейших и ключевых факторов, определяющих выживаемость больных, которая, в свою очередь, зависит от нормального функционирования кондуита [22]. С другой стороны, сама морфологическая схожесть между целевой коронарной артерией и выбранным графтом играет важную роль в его последующей состоятельности [6, 9, 23, 24]. Возможно, поэтому так многочисленны споры о выборе оптимального трансплантата между венозным и артериальным, когда в силу иной анатомии и физиологии, и даже клеточного и молекулярного состава происходят их преждевременные нежелательные изменения [14, 23, 25, 26].

Статистика показывает, что имеющийся высокий процент окклюзионно-стенотического поражения венозных графтов вследствие прогрессирования атеросклеротического процесса в 12% случаев в течение 1 года, в 25% в течение 5 лет и в 50% в течение 12 лет соответственно приводит и к увеличению необходимости повторять реваскуляризацию миокарда. Таким образом, в группе пациентов, у которых использовалась БПВ, 3% требуют повторного вмешательства уже в течение 5 лет, 10% – в течение 10 лет и 25% – в течение 20 лет соответственно. Ранее было показано, что венозные кондуиты в 2,6 раза более склонны к дегенеративному процессу, чем артерии, а поэтому последние имеют некоторое преимущество [5]. Как следствие, те графты, которые демонстрируют свою более продолжительную состоятельность, увеличивают временные интервалы



между первичным и повторным вмешательствами и являются своеобразной мерой профилактики последующих операций в виду изменения выбранных трансплантатов.

В многочисленных исследованиях ранее было доказано, что ЛВГА является так называемым «золотым стандартом» коронарной хирургии, и около 80–90% случаев этот конduit способен нормально функционировать даже спустя 20 и более лет после проведения КШ [1, 3, 5, 10]. С другой стороны, в ходе развития коронарной хирургии и поиска новых альтернатив ЛВГА появилась концепция использования обеих ВГА. Одной из точек отсчёта по изучению возможности применения бимаммарного шунтирования стало крупнейшее исследование Lytle et al. из Cleveland клиники, которые на более чем 10000 пациентов доказали, что указанная методика улучшает отдалённые результаты после КШ, а также уменьшает число повторных вмешательств [24]. При сравнении состоятельности ПВГА и ЛВГА в течение 10 лет также оказалось, что ПВГА сохраняет свою нормальную функцию в 96% случаев в течение первых 5 лет и в 81% в сроки до 10 лет, а ЛВГА в 98% и 95% соответственно [5]. Более поздние исследования также подтверждают высокое сходство результатов после использования ПВГА в привычную позицию для ЛВГА [27]. Очевидно, что состоятельность БПВ в качестве графта намного хуже ВГА [28].

Несколько иначе складывалось отношение к ЛуА. Начиная с 1971 года, когда она впервые была использована Carpentier A. в качестве коронарного шунта, вопрос об её пригодности как кондуита ставился под сомнение не один раз. Сам Carpentier A. спустя 4 года после первого её применения у 30 пациентов, подвергшихся КШ, отметил, что ЛуА была окклюзирована у одной трети этих больных и не может быть более использована вследствие её склонности к выраженному спазму. Однако при повторном обследовании указанных пациентов через 10 лет оказалось, что ЛуА, в позиции с передней нисходящей артерией, были вновь состоятельны и функционировали нормально [9]. Годы спустя, Buxton et al. по данным большого ангиографического исследования, включившего свыше 1100 пациентов, доказал отличную состоятельность ЛуА в отдалённом послеоперационном периоде [29]. Что касается сравнения ЛуА и БПВ, то, согласно одному из крупных мета-анализов Cao et al., проведённому в 2013 году, было продемонстрировано, что ЛуА, несмотря на имеющийся характерный спастический компонент, достоверно менее склонна к нарушению своей состоятельности, чем БПВ (6% для ЛуА против 17,5% БПВ), и нормально функционирует более 4 лет наблюдения (89,9% для ЛуА против 63,1% для БПВ) [30]. В другом одноцентровом ретроспективном анализе было также показано, что использование ЛуА практически сопоставимо

с ЛВГА по непосредственным и отдалённым результатам, причём вне зависимости от того, какая целевая артерия была шунтирована исходно [31].

Для ПЖСА, как третьей наиболее используемой в качестве трансплантата артерии, существует ряд ограничений, и, в частности, возможности её использования *in situ* применительно только к задней, реже боковой стенке сердца [32]. Изначально эта артерия была применена Suma H. у больного при повторном КШ, так как реальной альтернативы не существовало [33]. Вместе с тем, в настоящее время ПЖСА активно используется в том числе и при первичном КШ, а состоятельность указанного кондуита и результаты операции выглядят обнадеживающе. Так, в одной из последних работ группой японских ученых было продемонстрировано, что ПЖСА сохраняет свою функциональную состоятельность в непосредственные сроки до 97,8%, в сроки 5 лет до 94,7%, а в отдалённый период 8 лет до 90,2% соответственно [32].

Что же говорят современные рекомендации в отношении выбора в пользу технологии ТАР? В настоящее время на вооружении сердечно-сосудистых хирургов имеется три основных документа, два из которых наиболее часто используются в России: ACCF/AHA Guideline for Coronary Artery Bypass Graft Surgery, 2011; ESC/EACTS Guidelines on Myocardial Revascularization, 2018; The Society of Thoracic Surgeons Clinical Practice Guidelines on Arterial Conduits for Coronary Artery Bypass Grafting, 2016 [4, 35]. Согласно указанным рекомендациям, «Полная артериальная реваскуляризация может быть рассмотрена у лиц младше либо равным 60 лет с незначительным количеством либо отсутствием сопутствующей патологии» (IIb, C), «Артериальное шунтирование правой коронарной артерии может быть обосновано при её критическом стенозе  $\geq 90\%$ » (IIb, B) [34], «Второй артериальный конduit (ПВГА или ЛуА) следует рассматривать в качестве дополнительного к ЛВГА у соответствующей категории пациентов» (IIa, B), «Бимаммарное коронарное шунтирование (БиМКШ) следует рассматривать у пациентов, которых нет высокого риска стерильных осложнений» (IIa, B), «ЛуА следует рассматривать в качестве дополнительного к ЛВГА у соответствующей категории пациентов в случае выраженного стеноза целевой артерии» (IIa, B) [35] и, наконец, «В качестве второго артериального кондуита к ЛВГА следует рассматривать ПВГА либо ЛуА в подходящей группе пациентов» (IIa, B) [36]. Очевидно, что указанные рекомендации в отношении ТАР немногочисленны и имеют относительно конкретный характер, а класс доказательности уступает таковому в группе традиционного подхода. Интересно, что авторы последних рекомендаций за 2018 год вообще избегают такого понятия, как «полная» или «тотальная» артериальная реваскуляризация.

## Варианты тотальной артериальной реваскуляризации миокарда

В коронарной хирургии известно более десятка сосудистых комбинаций, позволяющих провести полную артериальную реваскуляризацию миокарда в зависимости от выбранных трансплантатов и их сочетаний [9, 37, 38]. Ни одна из них не получила явного преимущества, вместе с тем можно выделить наиболее часто используемые варианты ТАР.

### 1. ЛВГА in situ, ПВГА in situ – БиМКШ

Большое количество проведённых ранее исследований подтверждают преимущества применения ПВГА и ЛВГА по сравнению с БПВ и ЛВГА при многососудистом поражении [4]. В одном из последних крупнейших мета-анализов за 2017 год, включившем в себя почти 90000 пациентов, Buttar et al. убедительно доказали, что БиМКШ ассоциировано с хорошими отдалёнными результатами, сопоставимыми с таковыми при использовании только одной ЛВГА. Несмотря на более высокую вероятность развития в этой группе глубокой стеральной инфекции вследствие нарушения питания грудины и прилежащих тканей, имеющиеся известные ограничения в использовании у пациентов с СД, ожирением и хронической обструктивной болезнью лёгких, польза от применения ПВГА и ЛВГА одновременно превышает вред от осложнений в непосредственный период наблюдения [39] (Рис. 1).

### 2. ЛВГА in situ, ПВГА in situ и ЛуА Y-или Т-композит с ЛВГА

При выполнении указанной комбинации хирургам приходится учитывать два момента: с одной стороны, это бимаммарное шунтирование с его вероятными раневыми и трофическими осложнениями, с другой, склонность ЛуА к спазму. Как уже было сказано выше, в проведённом анализе на основе незаконченного исследования ART было доказано, что в целом комбинация ЛуА с ЛВГА и ПВГА имеет лучшие результаты в сроки до 5 лет по сравнению с группой БПВ, ЛВГА и ПВГА [16]. Ранее, в 2004 году, Tagusari et al. показали, что использование варианта двух ВГА и комбинированного шунта с ЛуА в условиях Off-pump демонстрирует хорошие результаты в ранние сроки после КШ [40]. Однако крупных многоцентровых исследований, отражающих отдалённые клинические и ангиографические результаты при подобной комбинации пока нет, что требует дальнейшего изучения (Рис. 2).

### 3. ЛВГА in situ, ПВГА in situ и ЛуА с аортой

Аналогичный вариант ТАР предыдущему с той лишь разницей, что проксимально ЛуА анастомозируется не с ЛВГА, а напрямую с аортой. В своей обзорной статье Watson et al. попытались ответить на вопрос, какой проксимальный анастомоз лучше.

Они провели анализ имеющейся литературы, и оказалось, что, несмотря на противоречивые данные, место проксимального анастомоза имеет либо незначительное значение, либо вообще не влияет на состоятельность ЛуА в качестве шунта [41]. Ожидаемые отдалённые результаты другого исследования

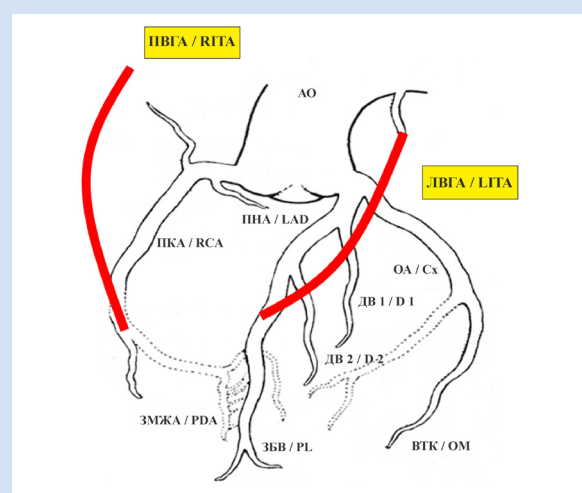


Рисунок 1. ЛВГА+ПВГА

**Примечание:** ЛВГА – левая внутренняя грудная артерия; ПВГА – правая внутренняя грудная артерия; АО – аорта; ПККА – правая коронарная артерия; ПНА – передняя нисходящая артерия; ОА – огибающая артерия; ЗМЖА – задняя межжелудочковая артерия; ЗБВ – заднебоковая ветвь; ДВ – диагональная ветвь; ВТК – ветвь тупого края.

Figure 1. LITA+RITA

**Note:** LITA – left internal thoracic artery; RITA – right internal thoracic artery; RCA – right coronary artery; LAD – left anterior descending artery; Cx – circumflex artery; PDA – posterior descending artery; PL – posterior lateral branch; D – diagonal branch; OM – obtuse marginal artery.

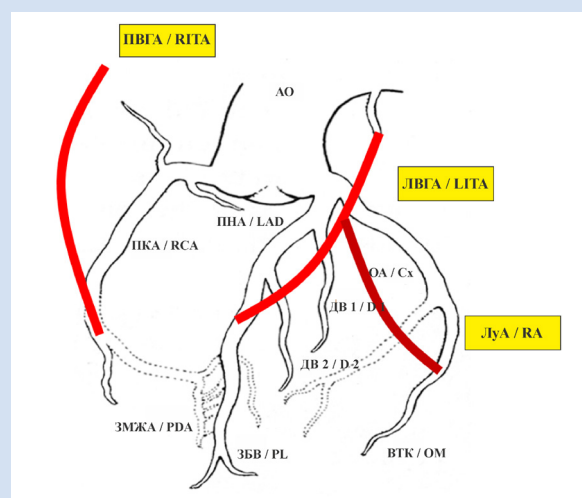


Рисунок 2. ЛВГА+ПВГА+ЛуА

**Примечание:** ЛВГА – левая внутренняя грудная артерия; ПВГА – правая внутренняя грудная артерия; ЛуА – лучевая артерия; АО – аорта; ПККА – правая коронарная артерия; ПНА – передняя нисходящая артерия; ОА – огибающая артерия; ЗМЖА – задняя межжелудочковая артерия; ЗБВ – заднебоковая ветвь; ДВ – диагональная ветвь; ВТК – ветвь тупого края.

Figure 2. LITA+RITA+RA

**Note:** LITA – left internal thoracic artery; RITA – right internal thoracic artery; RA – radial artery; RCA – right coronary artery; LAD – left anterior descending artery; Cx – circumflex artery; PDA – posterior descending artery; PL – posterior lateral branch; D – diagonal branch; OM – obtuse marginal artery.

RAPCO (Radial Artery Patency and Clinical Outcomes), где всем пациентам выполнялся центральный анастомоз ЛуА с аортой, позволит полноценно судить о состоятельности кондуита и клиники с учётом разных технических вариантов [42] (Рис. 3).

#### 4. ЛВГА in situ, ПВГА in situ и ПЖСА in situ

Более редкая, но вполне обоснованная в ряде случаев комбинация, зарекомендовавшая себя также хорошо. В целом использование ПЖСА может быть рассмотрено как in situ, так и отдельно взятым кондуитом. Но если речь идёт о первом варианте, то он применим только к бассейнам правой коронарной, реже огибающей артерии [33]. Ещё в 2004 году итальянские учёные на примере 174 больных, которым проводилось бимаммарное шунтирование в сочетании с использованием ПЖСА in situ, показали прекрасные отдалённые результаты в этой группе [43]. Несколько позже Suzuki et al. доказали, что применение ПЖСА в комбинации с ЛВГА и ПВГА лучше, чем при использовании БПВ и обеих ВГА [44] (Рис. 4).

#### 5. ЛВГА in situ, ЛуА Y- или T-композит с ЛВГА

Последний представленный вариант предполагает секвенциальное шунтирование всех целевых артерий ЛуА за исключением передней нисходящей, донором для которой выступает ЛВГА. Таким образом, становится принципиальным вопрос о технической безупречности наложения композит-

ного анастомоза в силу того, что одна ЛуА охватывает сразу несколько бассейнов. Само композитное шунтирование было впервые предложено Mills N. ещё в начале 80-х годов 20 века, а применено позже Tector A. [9]. Однако в процессе изучения возможности его использования возникло немало вопросов, останавливающих медицинское сообщество в его активном внедрении. Вместе с тем, Lemma M. из университетского госпиталя Милана убедительно доказал, что применение ЛВГА в композите с ЛуА оправдано, поскольку маммарная артерия в процессе адаптации к новым гемодинамическим условиям способна увеличивать свою производительность в несколько раз, тем самым существенно улучшая кровоснабжение миокарда [45]. Mannacio et al. также исследовали функциональные и ангиографические показатели Y-композитного шунтирования в группе пациентов, подвергающихся КШ на работающем сердце. В ходе их работы было показано, что шунт ЛВГА-ЛуА сохраняет нормальные гемодинамические параметры как в покое, так при нагрузках в сроки до 3 лет [46]. Несмотря на это, в 2013 году группой корейских исследователей было продемонстрировано, что в средние сроки после ТАР нет разницы между использованием ЛуА и БПВ [47]. Однако в одной из последних фундаментальных работ, посвящённых изучению Y-композитов, предполагается, что артериальный графт лучше венозного, что объясняется гемодинамическим воздействием на стенку сосуда, к которому артерия более устойчива [48] (Рис. 5).

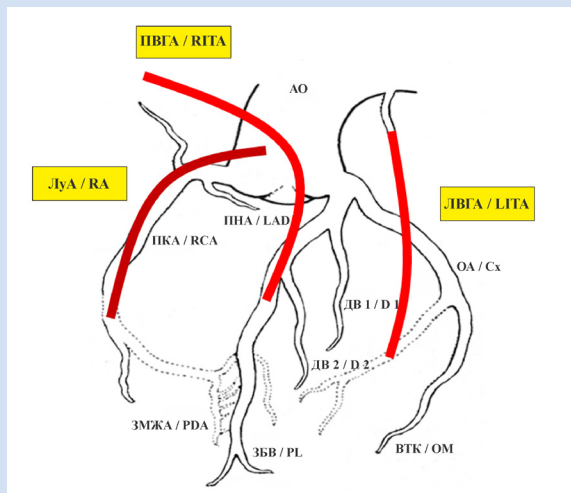


Рисунок 3. ЛВГА+ПВГА+ЛуА

**Примечание:** ЛВГА – левая внутренняя грудная артерия; ПВГА – правая внутренняя грудная артерия; ЛуА – лучевая артерия; АО – аорта; ПКА – правая коронарная артерия; ПНА – передняя нисходящая артерия; ОА – огибающая артерия; ЗМЖА – задняя межжелудочковая артерия; ЗБВ – заднебоковая ветвь; ДВ – диагональная ветвь; ВТК – ветвь тупого края.

Figure 3. LITA+RITA+RA

**Note:** LITA – left internal thoracic artery; RITA – right internal thoracic artery; RA – radial artery; RCA – right coronary artery; LAD – left anterior descending artery; Cx – circumflex artery; PDA – posterior descending artery; PL – posterior lateral branch; D – diagonal branch; OM – obtuse marginal artery.

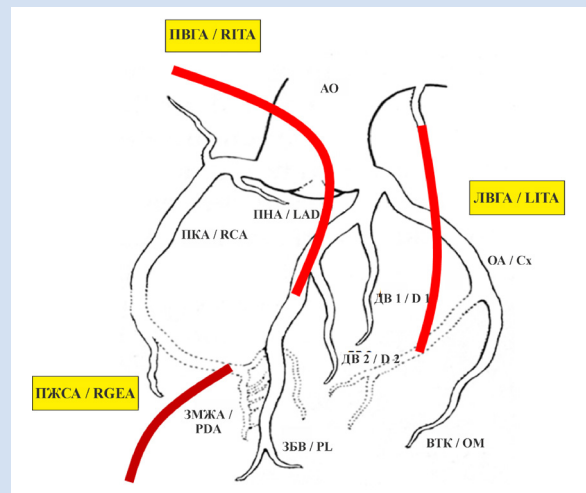


Рисунок 4. ЛВГА+ПВГА+ПЖСА

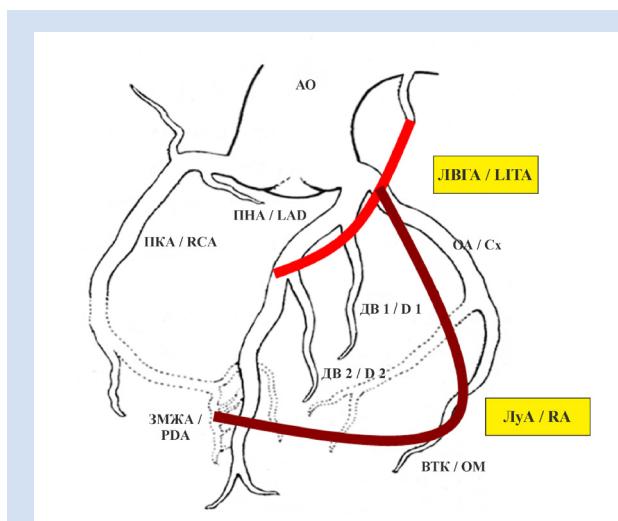
**Примечание:** ЛВГА – левая внутренняя грудная артерия; ПВГА – правая внутренняя грудная артерия; ПЖСА – правая желудочно-сальниковая артерия; АО – аорта; ПКА – правая коронарная артерия; ПНА – передняя нисходящая артерия; ОА – огибающая артерия; ЗМЖА – задняя межжелудочковая артерия; ЗБВ – заднебоковая ветвь; ДВ – диагональная ветвь; ВТК – ветвь тупого края.

Figure 4. LITA+RITA+RGEA

**Note:** LITA – left internal thoracic artery; RITA – right internal thoracic artery; RGEA – right gastroepiploic artery; RCA – right coronary artery; LAD – left anterior descending artery; Cx – circumflex artery; PDA – posterior descending artery; PL – posterior lateral branch; D – diagonal branch; OM – obtuse marginal artery.



Несмотря на имеющееся многообразие шунтирующих комбинаций и большой выбор кондуитов,



**Рисунок 5. ЛВГА+ЛРА**

**Примечание:** ЛВГА – левая внутренняя грудная артерия; ЛРА – лучевая артерия; АО – аорта; ПКА – правая коронарная артерия; ПНА – передняя нисходящая артерия; ОА – огибающая артерия; ЗМЖА – задняя межжелудочковая артерия; ЗБВ – заднебоковая ветвь; ДВ – диагональная ветвь; ВТК – ветвь тупого края.

**Figure 5. LITA+RA**

**Note:** LITA – left internal thoracic artery; RA – radial artery; RCA – right coronary artery; LAD – left anterior descending artery; Cx – circumflex artery; PDA – posterior descending artery; PL – posterior lateral branch; D – diagonal branch; OM – obtuse marginal artery.

#### Информация об авторах

Фролов Алексей Витальевич, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории реконструктивной хирургии мультифокального атеросклероза, врач сердечно-сосудистый хирург, старший преподаватель научно-образовательного отдела Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация.

#### Финансирование

Автор заявляет об отсутствии финансирования исследования.

#### Конфликт интересов

Фролов А.В. заявляет об отсутствии конфликта интересов.

#### Author Information Form

Frolov Alexey V., MD, PhD, senior researcher at the Laboratory of Reconstructive Surgery of Multivessel and Polyvascular Diseases, cardiovascular surgeon, senior lecturer at the Department of Research and Education, Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases", Kemerovo, Russian Federation.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tomoaki S. Optimal use of arterial grafts during current coronary artery bypass surgery. *Surg Today*. 2018; 48(3):264-273doi: 10.1007/s00595-017-1565-z.
2. Хелимский Д. А., Шермук А. А., Крестянинов О.В., Покушалов Е.А., Караськов А.М. Эндоваскулярные вмешательства при хронической окклюзии коронарных артерий. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2017; (1): 58-64. doi: 10.17802/2306-1278-2017-1-58-64.
3. Carrel T., Winkler B. Current trends in selection of conduits for coronary artery bypass grafting. *Gen Thorac Cardiovasc Surg*. 2017; 65(10): 549-556. doi: 10.1007/s11748-017-0807-8.
4. Head S. J., Milojevic M., Taggart D. P., Puskas J.D. Current Practice of State-of-the-Art Surgical Coronary Revascularization. *Circulation*. 2017; 136 (14): 1331-1345. doi: 10.1161/circulationaha.116.022572.
5. Papakonstantinou N., Baikoussis N. Total arterial revascularization: A superior method of cardiac revascularization. *Hellenic J. Cardiol*. 2016; 57(3): 152-156. doi: 10.1016/j.hjc.2016.06.002.
6. Brenda Martínez-González, Cynthia Guadalupe Reyes-Hernández, Alejandro Quiroga-Garza Conduits Used in Coronary Artery Bypass Grafting: A Review of Morphological Studies. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 2017; 23: 55-65. doi: 10.5761/atcs.ra.16-00178.
7. Вечерский Ю. Ю., Затолокин В. В., Андреев С. Л., Скурихин И.М., Шипулин В.М. Технические аспекты аутоартериального коронарного шунтирования. *Сибирский медицинский журнал*. 2015; 30 (2):65-68.
8. Edelman J. J., Sherrah A. G., Wilson M. K.. Anaortic, total-arterial, off-pump coronary artery bypass surgery: why bother? *Heart Lung Circ*. 2013; 22(3): 161-70. doi: 10.1016/j.hlc.2012.09.005.
9. Guo-Wei He, editor. Arterial grafting for coronary artery bypass surgery. Berlin: Springer-Verlag; 2006. DOI https://doi.org/10.1007/3-540-30084-8
10. Samak M., Fatullayev J., Sabashnikov A. Total Arterial Revascularization: Bypassing Antiquated Notions to Better Alternatives for Coronary Artery Disease. *Med Sci Monit Basic Res*. 2016; 22: 107-114.
11. Di Franco A., Sarullo F. M., Gaudino M. Multiple arterial grafting and ostriches: let's all take heart! *Oncotarget*. 2017; 8(49): 84622-84623. doi: 10.18632/oncotarget.21392.
12. Rastan A. J. Treatment of Coronary Artery Disease: Randomized Trials on Myocardial Revascularization and Complete Arterial Bypass Grafting. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2017; 65(S 03): S167-S173. doi: 10.1055/s-0037-1601375.
13. Акчурин Р.С., Ширяев А.А., Васильев В.П., Галяутдинов Д.М., Власова Э.Е. Современные тенденции в коронарной

- хирургии. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2017; 21(3S): 34-44. doi: <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2017-3S-34-44>
14. Taggart D., Amin S., Djordjevic J. et al. Prospective study of external stenting of saphenous vein grafts to the right coronary artery: the VEST II study. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2017 May 1; 51(5): 952-958. doi: 10.1093/ejcts/ezw438.
  15. Dashwooda M. R., Tsui J. C. 'No-touch' saphenous vein harvesting improves graft performance in patients undergoing coronary artery bypass surgery: A journey from bedside to bench. *Vascul Pharmacol.* 2013; 59(1-2): 52. doi: 10.1016/j.vph.2012.07.008.
  16. Taggart D. P., Altman D. G., Flather M. Associations Between Adding a Radial Artery Graft to Single and Bilateral Internal Thoracic Artery Grafts and Outcomes: Insights From the Arterial Revascularization Trial. *Circulation.* 2017; 136(5): 454-463. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.027659.
  17. Bisleri G., Bacco L., Giroletti L., Muneretto C. Total arterial grafting is associated with improved clinical outcomes compared to conventional myocardial revascularization at 10 years follow-up. *Heart Vessels.* 2017; 32(2): 109-116. doi: 10.1007/s00380-016-0846-6.
  18. Tatoulis J., Wynne R., Skillington PD. Total Arterial Revascularization: A Superior Strategy for Diabetic Patients Who Require Coronary Surgery. *Ann Thorac Surg.* 2016c; 102(6): 1948-1955. doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.05.062.
  19. Janiec M., Dimberg A., Nazari Shafti T.Z., Lagerqvist B., Lindblom R.P.F. No improvements in long-term outcome after coronary artery bypass grafting with arterial grafts as a second conduit: a Swedish nationwide registry study. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2018; 53 (2): 448-454. doi: 10.1093/ejcts/ezx280.
  20. Вечерский Ю. Ю., Андреев С. Л., Затолокин В. В. Сравнительное исследование функционирования различных аутоартериальных и венозных графтов по данным шунтографии после изолированного коронарного шунтирования. *Сибирский медицинский журнал.* 2010; 25 (4):43-49.
  21. Чвоков А.В., Шиленко П.А., Молочков А.В., Сидоров Р.В., Жбанов И.В., Бимаммарное шунтирование при диффузном поражении коронарных артерий у больных ишемической болезнью сердца и сахарным диабетом. *Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова.* 2012; 7 (3): 21-23.
  22. Cuminetti G., Gelsomino S., Curello S. Contemporary use of arterial and venous conduits in coronary artery bypass grafting: anatomical, functional and clinical aspects. *Neth Heart J.* 2017; 25(1): 4-13. doi: 10.1007/s12471-016-0919-2
  23. Fan T., Feng Y., Feng F. A comparison of postoperative morphometric and hemodynamic changes between saphenous vein and left internal mammary artery grafts. *Physiol Rep.* 2017; 5(21): e13487. doi: 10.14814/phy2.13487
  24. Persson M., Sartipy U. Bilateral Versus Single Internal Thoracic Artery Grafts. *Current Cardiology Reports.* 2018; 20: 4. doi: 10.1007/s11886-018-0947-1
  25. Prim D.A., Zhou B., Hartstone-Rose A. A mechanical argument for the differential performance of coronary artery grafts. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2016; 54: 93-105. doi: 10.1016/j.jmbbm.2015.09.017
  26. Malinska A., Podemska Z., Perek B. et al. Preoperative factors predicting saphenous vein graft occlusion in coronary artery bypass grafting: a multivariate analysis. *Histochem Cell Biol.* 2017; 148: 417-424. doi: 10.1007/s00418-017-1574-4.
  27. Ji Q., Xia L., Shi Y. Mid-term graft patency of right versus left internal mammary artery as arterial conduit usage for left anterior descending artery revascularisation: Insights from a single-centre study of propensity-matched data. *Int J Surg.* 2017; 48: 99-104. doi: 10.1016/j.ijsu.2017.10.037.
  28. Taggart D. P. Current status of arterial grafts for coronary artery bypass grafting. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013; 2(4): 427-430. doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.07.21.
  29. Tatoulis J., Buxton B.F., Fuller J.A. Long-term patency of 1108 radial arterial-coronary angiograms over 10 years. *Ann Thorac Surg.* 2009; 88(1): 23-9. doi: 10.1016/j.athoracsur.2009.03.086.
  30. Cao C., Manganas C., Horton M., Bannon P., Munkholm-Larsen S., Ang S.C., Yan T.D. Angiographic outcomes of radial artery versus saphenous vein in coronary artery bypass graft surgery: A meta-analysis of randomized controlled trials. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013; 146: 255-61. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.07.014.
  31. Tranbaugh R.F., Dimitrova K.R., Friedmann P., Geller C.M., Harris L.J., Stelzer P. et al: Coronary artery bypass grafting using the radial artery: Clinical outcomes, patency, and need for reintervention. *Circulation.* 2012; 126: S170-75. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.111.083048.
  32. Suzuki T., Asai T., Nota H. Early and long-term patency of in situ skeletonized gastroepiploic artery after off-pump coronary artery bypass graft surgery. *Ann Thorac Surg.* 2013; 96(1): 90-5. doi: 10.1016/j.athoracsur.2013.04.018
  33. Suma H. The Right Gastroepiploic Artery Graft for Coronary Artery Bypass Grafting: A 30-Year Experience. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016; 49(4): 225-31. doi: 10.5090/kjtc.2016.49.4.225.
  34. Hillis L.D., Smith P.K., Anderson J.L., Bittl J.A., Bridges C.R., Byrne J.G. et al. ACCF/AHA guideline for coronary artery bypass graft surgery: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association. *Circulation.* 2011; 124(23):2610-42. doi: 10.1161/CIR.0b013e31823b5fee.
  35. Neumann F.J., Sousa-Uva M., Ahlsson A. et al. ESC/EACTS guidelines on myocardial revascularization: the Task Force on Myocardial Revascularization of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS): developed with the special contribution of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI). *European Heart Journal.* 2018; 00: 1-96. doi:10.1093/eurheartj/ehy394.
  36. Aldea G.S., Bakaeen F.G., Pal J., Fremes S., Head S.J., Sabik J. et al. The Society of Thoracic Surgeons clinical practice guidelines on arterial conduits for coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg.* 2016; 101 (2): 801-809. doi: 10.1016/j.athoracsur.2015.09.100.
  37. Yuan S.M., Shinfeld A., Raanani E. Configurations and classifications of composite arterial grafts in coronary bypass surgery. *J Cardiovasc Med (Hagerstown).* 2008; 9(1): 3-14. doi: 10.2459/JCM.0b013e3280110628.
  38. Buxton B.F., Hayward P.A. The art of arterial revascularization – total arterial revascularization in patients with triple vessel coronary artery disease. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013; 2(4): 543-51. doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.07.14.
  39. Buttar S.N., Yan T.D., Taggart D.P. Long-term and short-term outcomes of using bilateral internal mammary artery grafting versus left internal: a meta-analysis. *Heart.* 2017; 103(18): 1419-1426. doi: 10.1136/heartjnl-2016-310864.
  40. Tagusari O., Kobayashi J., Bando K. Total Arterial Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting for Revascularization of the Total Coronary System: Clinical Outcome and Angiographic Evaluation. *Ann Thorac Surg.* 2004; 78:1304-11. doi: 10.1016/j.athoracsur.2004.03.094
  41. Watson R.A., Hamza M., Tsakok T.M. Radial artery for coronary artery bypass grafting: does proximal anastomosis to the aorta or left internal mammary artery achieve better patency? *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2013; 17(6): 1020-1024. doi: 10.1093/icvts/ivt346.
  42. Hayward P.A., Buxton B.F. Mid-term results of the Radial Artery Patency and Clinical Outcomes randomized trial. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013; 2(4): 458-66. doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.07.18.
  43. Formica F., Ferro O., Greco P. Long-term follow-up of total arterial myocardial revascularization using exclusively pedicle bilateral internal thoracic artery and right gastroepiploic artery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2004; 26(6):1141-8. doi: 10.1016/j.ejcts.2004.08.027



44. Suzuki T., Asai T., Matsubayashi K. In off-pump surgery, skeletonized gastroepiploic artery is superior to saphenous vein in patients with bilateral internal thoracic arterial grafts. *Ann Thorac Surg.* 2011; 91(4): 1159–64. doi: 10.1016/j.athoracsur.2010.12.031.

45. Massimo L., Innorta A., Pettinari M. Flow dynamics and wall shear stress in the left internal thoracic artery: composite arterial graft versus single graft. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery.* 2006; 29 473–478. doi: 10.1016/j.ejcts.2006.01.035

46. Mannacio V., De Vita A., Antignano A. Y grafts with the left internal mammary artery and radial artery. Mid-term functional and angiographic results. Cohort study. *Int J Surg.* 2014; 12(9): 952–7.

47. Wi J.H., Joo H.C., Youn Y.N.. Comparison of Radial Artery and Saphenous Vein Composite Y Grafts during Off-pump Coronary Artery Bypass. *Korean J ThoracCardiovasc*

*Surg.* 2013; 46(4): 265–73. doi: 10.1016/j.ijssu.2014.07.008.

48. Guerciotti B., Vergara C., Ippolito S. A computational fluid-structure interaction analysis of coronary Y-grafts. *Med Eng Phys.* 2017; 47:117–127. doi: 10.1016/j.medengphys.2017.05.008.

49. Kikuchi K., Une D., Endo Y. Minimally Invasive Coronary Artery Bypass Grafting Using Bilateral In Situ Internal Thoracic Arteries. *Ann Thorac Surg.* 2015;100:1082–4. doi: 10.1016/j.athoracsur.2014.11.056.

50. Rodriguez M.L., Lapiere H.R., Sohmer B. Mid-Term Follow-up of Minimally Invasive Multivessel Coronary Buxton B. Artery Bypass Grafting. Is the Early Learning Phase Detrimental? *Innovations.* 2017 March/April; 12 (2): 116–120.

51. Lemma M., Atanasiou T., Contino M. Minimally invasive cardiac surgery-coronary artery bypass graft. *Multimed Man Cardiothorac Surg.* 2013;2013: mmt007. doi: 10.1093/mmcts/mmt007.

## REFERENCES

1. Tomoaki S. Optimal use of arterial grafts during current coronary artery bypass surgery. *Surg Today.* 2018; 48(3):264–273doi: 10.1007/s00595-017-1565-z.
2. Khelinskii D.A., Shermuk A.A., Krestyaninov O.V., Pokushalov E.A., Karaskov A.M. Chronic total coronary occlusion percutaneous intervention. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2017; (1): 58–64. doi: 10.17802/2306-1278-2017-1-58-64. (In Russian)
3. Carrel T., Winkler B. Current trends in selection of conduits for coronary artery bypass grafting. *Gen Thorac Cardiovasc Surg.* 2017; 65(10): 549–556. doi: 10.1007/s11748-017-0807-8.
4. Head S. J., Milojevic M., Taggart D. P., Puskas J.D. Current Practice of State-of-the-Art Surgical Coronary Revascularization. *Circulation.* 2017; 136 (14): 1331–1345. doi: 10.1161/circulationaha.116.022572.
5. Papakonstantinou N., Baikoussis N. Total arterial revascularization: A superior method of cardiac revascularization. *Hellenic J. Cardiol.* 2016; 57(3): 152–156. doi: 10.1016/j.hjc.2016.06.002.
6. Brenda Martínez-González, Cynthia Guadalupe Reyes-Hernández, Alejandro Quiroga-Garza Conduits Used in Coronary Artery Bypass Grafting: A Review of Morphological Studies. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 2017; 23: 55–65. doi: 10.5761/atcs.ra.16-00178.
7. Vechersky Yu.Yu., Zatolokin V.V., Andreev S.L., Skurikhin I.M., Shipulin V.M. Technical aspects of autoarterial coronary bypass grafting. *Siberian Medical Journal.* 2015; 30 (2):65–68. (In Russian)
8. Edelman J. J., Sherrah A. G., Wilson M. K.. Anaortic, total-arterial, off-pump coronary artery bypass surgery: why bother? *Heart Lung Circ.* 2013; 22(3): 161–70. doi: 10.1016/j.hlc.2012.09.005.
9. Guo-Wei He, editor. *Arterial grafting for coronary artery bypass surgery.* Berlin: Springer-Verlag; 2006. DOI https://doi.org/10.1007/3-540-30084-8
10. Samak M., Fatullayev J., Sabashnikov A. Total Arterial Revascularization: Bypassing Antiquated Notions to Better Alternatives for Coronary Artery Disease. *Med Sci Monit Basic Res.* 2016; 22: 107–114.
11. Di Franco A., Sarullo F. M., Gaudino M. Multiple arterial grafting and ostriches: let's all take heart! *Oncotarget.* 2017; 8(49): 84622–84623. doi: 10.18632/oncotarget.21392.
12. Rastan A. J. Treatment of Coronary Artery Disease: Randomized Trials on Myocardial Revascularization and Complete Arterial Bypass Grafting. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2017; 65(S 03): S167–S173. doi: 10.1055/s-0037-1601375.
13. Akchurin R.S., Shiryayev A.A., Vasiliev V.P., Galyautdinov D.M., Vlasova E.E. Modern trends in coronary surgery. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery.* 2017;21(3S):34–44. doi: http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2017-3S-34-44 (In Russian)
14. Taggart D., Amin S., Djordjevic J. et al. Prospective study of external stenting of saphenous vein grafts to the right coronary artery: the VEST II study. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2017 May 1; 51(5): 952–958. doi: 10.1093/ejcts/ezw438.
15. Dashwooda M. R, Tsui J. C. 'No-touch' saphenous vein harvesting improves graft performance in patients undergoing coronary artery bypass surgery: A journey from bedside to bench. *Vascul Pharmacol.* 2013; 59(1-2): 52. doi: 10.1016/j.vph.2012.07.008.
16. Taggart D. P., Altman D. G., Flather M. Associations Between Adding a Radial Artery Graft to Single and Bilateral Internal Thoracic Artery Grafts and Outcomes: Insights From the Arterial Revascularization Trial. *Circulation.* 2017; 136(5): 454–463. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.027659.
17. Bisleri G., Bacco L., Giroletti L., Muneretto C. Total arterial grafting is associated with improved clinical outcomes compared to conventional myocardial revascularization at 10 years follow-up. *Heart Vessels.* 2017; 32(2): 109–116. doi: 10.1007/s00380-016-0846-6.
18. Tatoulis J., Wynne R., Skillington PD. Total Arterial Revascularization: A Superior Strategy for Diabetic Patients Who Require Coronary Surgery. *Ann Thorac Surg.* 2016c; 102(6): 1948–1955. doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.05.062.
19. Janiec M., Dimberg A., Nazari Shafit T.Z., Lagerqvist B., Lindblom R.P.F. No improvements in long-term outcome after coronary artery bypass grafting with arterial grafts as a second conduit: a Swedish nationwide registry study. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2018; 53 (2): 448–454. doi: 10.1093/ejcts/ezx280.
20. Vechersky Yu.Yu., Andreyev S.L., Zatolokin V.V. Comparative study of various autoarterial and venous grafts according to bypass angiography after coronary artery bypass grafting. *Siberian Medical.* 2010; 25 (4):43–49. (In Russian)
21. Chvokov A. V., Shilenko P. A., Molochkov A. V., Sidorov R. V., Zhdanov I. V. Coronary artery bypass grafting with using bilateral internal thoracic arteries by diffusions defeat of coronary arteries at sick of an ischemic heart disease and diabetes mellitus. *Vestnik Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo Tsentra im. N.I. Pirogova.* 2012; 7 (3): 21–23. (In Russian)
22. Cuminetti G., Gelsomino S., Curello S. Contemporary use of arterial and venous conduits in coronary artery bypass grafting: anatomical, functional and clinical aspects. *Neth Heart J.* 2017; 25(1): 4–13. doi: 10.1007/s12471-016-0919-2
23. Fan T., Feng Y., Feng F. A comparison of postoperative morphometric and hemodynamic changes between saphenous vein and left internal mammary artery grafts. *Physiol Rep.* 2017; 5(21): e13487. doi: 10.14814/phy2.13487
24. Persson M., Sartipy U. Bilateral Versprimus Single Internal Thoracic Artery Grafts. *Current Cardiology Reports.* 2018; 20: 4. doi: 10.1007/s11886-018-0947-1
25. Prim D.A., Zhou B., Hartstone-Rose A. A mechanical argument for the differential performance of coronary artery grafts. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2016; 54: 93–105. doi: 10.1016/j.jmbbm.2015.09.017

26. Malinska A., Podemska Z., Perek B. et al. Preoperative factors predicting saphenous vein graft occlusion in coronary artery bypass grafting: a multivariate analysis. *Histochem Cell Biol.* 2017; 148: 417-424. doi: 10.1007/s00418-017-1574-4.
27. Ji Q., Xia L., Shi Y. Mid-term graft patency of right versus left internal mammary artery as arterial conduit usage for left anterior descending artery revascularisation: Insights from a single-centre study of propensity-matched data. *Int J Surg.* 2017; 48: 99-104. doi: 10.1016/j.ijssu.2017.10.037.
28. Taggart D. P. Current status of arterial grafts for coronary artery bypass grafting. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013; 2(4): 427-430. doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.07.21.
29. Tatoulis J., Buxton B.F., Fuller J.A. Long-term patency of 1108 radial arterial-coronary angiograms over 10 years. *Ann Thorac Surg.* 2009; 88(1): 23-9. doi: 10.1016/j.athoracsur.2009.03.086.
30. Cao C., Manganas C., Horton M., Bannon P., Munkholm-Larsen S., Ang S.C., Yan T.D. Angiographic outcomes of radial artery versus saphenous vein in coronary artery bypass graft surgery: A meta-analysis of randomized controlled trials. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013; 146: 255-61. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.07.014.
31. Tranbaugh R.F., Dimitrova K.R., Friedmann P., Geller C.M., Harris L.J., Stelzer P. et al. Coronary artery bypass grafting using the radial artery: Clinical outcomes, patency, and need for reintervention. *Circulation.* 2012; 126: S170-75. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.111.083048.
32. Suzuki T., Asai T., Nota H. Early and long-term patency of in situ skeletonized gastroepiploic artery after off-pump coronary artery bypass graft surgery. *Ann Thorac Surg.* 2013; 96(1): 90-5. doi: 10.1016/j.athoracsur.2013.04.018.
33. Suma H. The Right Gastroepiploic Artery Graft for Coronary Artery Bypass Grafting: A 30-Year Experience. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016; 49(4): 225-31. doi: 10.5090/kjtc.2016.49.4.225.
34. Hillis L.D., Smith P.K., Anderson J.L., Bittl J.A., Bridges C.R., Byrne J.G. et al. ACCF/AHA guideline for coronary artery bypass graft surgery: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association. *Circulation.* 2011; 124(23):2610-42. doi: 10.1161/CIR.0b013e31823b5fee.
35. Neumann F.J., Sousa-Uva M., Ahlsson A. et al. ESC/EACTS guidelines on myocardial revascularization: the Task Force on Myocardial Revascularization of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS): developed with the special contribution of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI). *European Heart Journal.* 2018; 00: 1-96. doi:10.1093/eurheartj/ehy394.
36. Aldea G.S., Bakaeen F.G., Pal J., Fremes S., Head S.J., Sabik J. et al. The Society of Thoracic Surgeons clinical practice guidelines on arterial conduits for coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg.* 2016; 101 (2): 801-809. doi: 10.1016/j.athoracsur.2015.09.100.
37. Yuan S.M., Shinfeld A., Raanani E. Configurations and classifications of composite arterial grafts in coronary bypass surgery. *J Cardiovasc Med (Hagerstown).* 2008; 9(1): 3-14. doi: 10.2459/JCM.0b013e3280110628.
38. Buxton B.F., Hayward P.A. The art of arterial revascularization – total arterial revascularization in patients with triple vessel coronary artery disease. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013; 2(4): 543-51. doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.07.14.
39. Buttar S.N., Yan T.D., Taggart D.P. Long-term and short-term outcomes of using bilateral internal mammary artery grafting versus left internal: a meta-analysis. *Heart.* 2017; 103(18): 1419-1426. doi: 10.1136/heartjnl-2016-310864.
40. Tagusari O., Kobayashi J., Bando K. Total Arterial Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting for Revascularization of the Total Coronary System: Clinical Outcome and Angiographic Evaluation. *Ann Thorac Surg.* 2004; 78:1304-11. doi: 10.1016/j.athoracsur.2004.03.094.
41. Watson R.A., Hamza M., Tsakok T.M. Radial artery for coronary artery bypass grafting: does proximal anastomosis to the aorta or left internal mammary artery achieve better patency? *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2013; 17(6): 1020-1024. doi: 10.1093/icvts/ivt346.
42. Hayward P.A., Buxton B.F. Mid-term results of the Radial Artery Patency and Clinical Outcomes randomized trial. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013; 2(4): 458-66. doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.07.18.
43. Formica F., Ferro O., Greco P. Long-term follow-up of total arterial myocardial revascularization using exclusively pedicle bilateral internal thoracic artery and right gastroepiploic artery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2004; 26(6):1141-8. doi: 10.1016/j.ejcts.2004.08.027.
44. Suzuki T., Asai T., Matsubayashi K. In off-pump surgery, skeletonized gastroepiploic artery is superior to saphenous vein in patients with bilateral internal thoracic arterial grafts. *Ann Thorac Surg.* 2011; 91(4): 1159-64. doi: 10.1016/j.athoracsur.2010.12.031.
45. Massimo L., Innorta A., Pettinari M. Flow dynamics and wall shear stress in the left internal thoracic artery: composite arterial graft versus single graft. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery.* 2006; 29 473-478. doi: 10.1016/j.ejcts.2006.01.035.
46. Mannacio V., De Vita A., Antignano A. Y grafts with the left internal mammary artery and radial artery. Mid-term functional and angiographic results. *Cohort study. Int J Surg.* 2014; 12(9): 952-7.
47. Wi J.H., Joo H.C., Youn Y.N.. Comparison of Radial Artery and Saphenous Vein Composite Y Grafts during Off-pump Coronary Artery Bypass. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013; 46(4): 265-73. doi: 10.1016/j.ijssu.2014.07.008.
48. Guerciotti B., Vergara C., Ippolito S. A computational fluid-structure interaction analysis of coronary Y-grafts. *Med Eng Phys.* 2017; 47:117-127. doi: 10.1016/j.medengphy.2017.05.008.
49. Kikuchi K., Une D., Endo Y. Minimally Invasive Coronary Artery Bypass Grafting Using Bilateral In Situ Internal Thoracic Arteries. *Ann Thorac Surg.* 2015; 100:1082-4. doi: 10.1016/j.athoracsur.2014.11.056.
50. Rodriguez M.L., Lapierre H.R., Sohmer B. Mid-Term Follow-up of Minimally Invasive Multivessel Coronary Buxton B. Artery Bypass Grafting. Is the Early Learning Phase Detrimental? *Innovations.* 2017 March/April; 12 (2): 116-120.
51. Lemma M., Atanasiou T., Contino M. Minimally invasive cardiac surgery-coronary artery bypass graft. *Multimed Man Cardiothorac Surg.* 2013; 2013: mmt007. doi: 10.1093/mmcts/mmt007.

**Для цитирования:** А.В. Фролов. Тотальная артериальная реваскуляризация миокарда. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2018; 7 (4S): 108-117. DOI: 10.17802/2306-1278-2018-7-4S-108-117

**To cite:** A.V. Frolov. Total arterial myocardial revascularization. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2018; 7 (4S): 108-117. DOI: 10.17802/2306-1278-2018-7-4S-108-117